

## CERTIFICATE OF VERIFICATION

I, Hisato Noda

of c/o Fukami Patent Office, Mitsui Sumitomo Bank Minamimorimachi Bldg.,  
1-29, Minamimorimachi 2-chome, Kita-ku, Osaka-shi, Osaka, Japan

state that the attached document is a true and complete translation to the best of my  
knowledge of Japanese Patent Application No. 06-326840, filed on December 28, 1994.

Dated this 26th day of April, 2004

Signature of translator:

*Hisato Noda*

Hisato Noda

[Document Name] Petition for Patent  
[Patent] 06-326840 (Dec. 28, 1994)

|                          |   |
|--------------------------|---|
| [Document Name]          | Petition for Patent   |
| [Reference Number]       | T0049   |
| [Filing Date]            | December 28, 1994   |
| [Destination]            | To the Commissioner of the JPO  |
| [International Class]    | H01L 21/302   |
| [Title of the Invention] | Plasma Treatment Device   |
| [Number of Claims]       | 1   |
| [Inventor]               |   |
| [Address]                | c/o Sumitomo Metal Industries, Ltd.,<br>5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku<br>Osaka, Japan                           |
| [Name]                   | Katsushi HANADA   |
| [Applicant]              |   |
| [Identification Number]  | 000002118   |
| [Zip Code]               | 541   |
| [Address]                | 5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku<br>Osaka, Japan   |
| [Name]                   | SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.   |
| [Representative]         | Tameaki NAKAMURA  |
| [Attorney]               |   |
| [Identification Number]  | 100103481   |
| [Zip Code]               | 660   |
| [Address]                | Sumitomo Life Insurance<br>Amagasaki Building,<br>17-23, Higashinaniwacho 5-chome,<br>Amagasaki-shi, Hyogo, Japan |
| [Patent Attorney]        |   |

[Document Name] Petition for Patent  
[Patent] 06-326840 (Dec. 28, 1994)

|  |   |   |
|--|---|---|
| [Name]                                   | Michio MORI   |   |
| [Telephone Number]                       | 06-482-6519   |   |
| [Appointed Attorney]                     |   |   |
| [Identification Number]                  | 100083585   |   |
| [Zip Code]                               | 660   |   |
| [Address]                                | Sumitomo Life Insurance<br>Amagasaki Building,<br>17-23, Higashinaniwacho 5-chome,<br>Amagasaki-shi, Hyogo, Japan |   |
| [Patent Attorney]                        |   |   |
| [Name]                                   | Terutada HONOUE   |   |
| [Telephone Number]                       | 06-482-6511   |   |
| [Indication of Fee]                      |   |   |
| [Accounting Way]                         | Prepaid   |   |
| [Deposit Account Number]                 | 038667  |   |
| [Fee]                                    | 21000   |   |
| [List of the Accompanying Documents]     |   |   |
| [Document]                               | Specification   | 1 |
| [Document]                               | Drawings  | 1 |
| [Document]                               | Abstract  | 1 |
| [Number of General<br>Power of Attorney] | 9302320   |   |
| [Number of General<br>Power of Attorney] | 9005909   |   |
| [Requirement of Proof]                   | Yes   |   |

[Title of the Invention] Plasma treatment device

[Scope of Claim for Patent]

[Claim 1] A plasma treatment device including: a treatment container; an upper electrode and a lower electrode also serving as a sample table provided in the treatment container; and means for applying a high frequency between the upper and lower electrodes; characterized in that said lower electrode includes an electrode main body and an insulator covering the sample-mounting surface thereof, and thickness of said insulator is made thinner from the center toward the periphery of the sample-mounting surface.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Application]

The present invention relates to a plasma treatment device used for manufacturing semiconductors, such as a plasma treatment device used for etching a silicon oxide film, polysilicon, an aluminum alloy or the like.

[0002]

[Prior Art]

In a plasma treatment device used for manufacturing semiconductors, it is always an important problem to improve uniformity of plasma treatment of a wafer surface, in order to improve production yield of the semiconductors.

[0003]

Fig. 4 is a schematic vertical sectional view showing a conventional, parallel flat plate type plasma treatment device having an upper electrode and a lower electrode. At an upper portion of a treatment chamber 11, an upper electrode 12 fixed on a metal seal plate 13 is insulated and supported by shielding members 17 and 18. A coolant circulation path 15 is formed above upper electrode 12 for cooling upper electrode 12.

[0004]

At a lower portion of treatment chamber 11, a lower electrode 21 also serving as

a sample table for placing the wafer is arranged on a base plate 23, opposing to and kept at a prescribed distance from the upper electrode 12. A constant temperature fluid circulation path 22 is formed in the lower electrode 21, enabling temperature control of the wafer. Lower electrode 21 is surrounded by a shielding member 25, and insulated from a treatment container 19 by a shielding member 24.

[0005]

Between lower electrode 21 and upper electrode 12, a high frequency power source 29 is connected, for applying a high frequency wave between the two electrodes to generate plasma. By way of example, the frequency for the high frequency power source may be 13.56 MHz, 2 MHz, or 400 kHz.

[0006]

A diffusion space is formed between seal plate 13 and upper electrode 12. Two baffle plates 14a and 14b having a number of holes opened therein are provided in the diffusion space. A process gas is supplied from a gas supply source (not shown) through a process gas supplying path 16, diffused and made uniform by the two baffle plates 14a and 14b in the diffusion space, and supplied to treatment chamber 11 through a number of holes 12a formed in upper electrode 12. The process gas supplied in this manner is used for plasma treatment of the wafer, and evacuated by an evacuation pump (not shown) through an evacuation path 26.

[0007]

Plasma treatment of a wafer 1 by using the plasma treatment device structured in this manner will be described. By a conveyer arm (not shown), wafer 1 is conveyed onto lower electrode 21. The upper electrode portion as a whole is lowered to set an electrode-to-electrode distance. To treatment chamber 11 that has been already evacuated to a prescribed pressure, the process gas is supplied through process gas supplying path 16, to set a prescribed pressure. A high frequency power is applied by high frequency power source 29 between lower electrode 21 and upper electrode 12 to generate plasma, and wafer 1 is plasma-treated.

[0008]

The conventional, parallel flat plate type plasma treatment device, however, has a problem that the speed of processing of plasma treatment becomes higher at the central portion of the wafer than at a periphery of the wafer, so that uniformity of plasma treatment of the wafer surface tends to be degraded.

[0009]

Therefore, it has been proposed to adjust hole distribution of baffles 14a and 14b such that the number of holes is made larger at the periphery than at the center to increase the amount of process gas supplied to the periphery of the wafer, so as to improve uniformity of plasma treatment of the wafer surface.

[0010]

Further, a plasma CVD device has been proposed (Japanese Utility Model Laying-open No. 62-37919) in which an opposing electrode surface, supplied with a high frequency power and opposed to a wafer mounting electrode, is formed to have a concave shape, a convex shape or both concave and convex shapes, of a prescribed radius of curvature, so as to make uniform film thickness distribution of a thin film formed on the wafer. A dry etching device has also been proposed (Japanese Patent Laying-open No. 2-106925) that has a similar structure to improve uniformity of etch rate.

[0011]

On the other hand, a plasma treatment device such as shown in Fig. 5 has been known in which the lower electrode also serving as a sample table is implemented as an electrostatic chuck. In the plasma treatment device, a lower electrode 21 is formed of an electrode main body 21b having a flat surface for mounting the sample, and an insulating film 21a covering, with a prescribed thickness, the surface for mounting the sample. Electrode main body 21b is connected to a DC power source 28 through a switch 27.

[0012]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, the above-described method of adjusting hole distribution of baffles 14a and 14b such that the number of holes is made larger at the periphery than at the center to increase supply of the process gas to the periphery of the wafer has the following problem. In plasma treatment, the relation between reaction and gas flow is very complicated, and even numerical calculation by a computer cannot always quantitatively demonstrate the actual phenomenon. Accordingly, this method involves a trial-and-error approach to find a condition that improves uniformity of the wafer surface, by preparing a large number of baffle plates having different hole distributions. As the optimal hole distribution of baffle plates differ dependent on conditions of plasma treatment, this method is not necessarily a stable method.

[0013]

The above-described method in which an opposing electrode surface, supplied with a high frequency power and opposed to a wafer placing electrode, is formed to have a concave shape, a convex shape or both concave and convex shapes, of a prescribed radius of curvature has the following problem. In this method, not the wafer mounting electrode but the opposing electrode surface is used for control, and therefore, the method does not have much effect, and dependent on conditions of plasma treatment, it is necessary to significantly change the shape.

[0014]

In the above-described plasma treatment device in which the lower electrode also serving as a sample table is implemented as an electrostatic chuck, the lower electrode is formed to have an electrode main body and an insulator. This structure is simply for attraction of the sample, and therefore, the insulator has a constant thickness, and improvement in uniformity of plasma treatment has not been considered.

[0015]

The present invention was made in view of the foregoing, and its object is to provide a plasma treatment device that stably enhances uniformity of plasma treatment

of the wafer surface.

[0016]

[Means for Solving the Problems]

In order to attain the above-described object, the present invention provides a plasma treatment device including, by way of example, a treatment container 19; an upper electrode 12 and a lower electrode 21 also serving as a sample table provided in the treatment container; and means 29 for applying a high frequency between the upper electrode 12 and lower electrode 21, as shown in Fig. 1; characterized in that said lower electrode 21 includes an electrode main body 21b and an insulator 21a covering the sample-mounting surface thereof, and thickness of said insulator 21a is made thinner from the center toward the periphery of the sample-mounting surface.

[0017]

[Function]

At the time of plasma generation, the insulator portion on the main body of the lower electrode can be regarded as a capacitor sandwiched by conductors on both sides, and therefore, impedance  $X_c$  per unit area of the insulator portion having the thickness  $d$  can be represented by the following equation:

[0018]

$$X_c = 1/2 \pi f C = d/2\pi f \epsilon_r \epsilon_0$$

where  $f$  represents the frequency of the high frequency wave,  $C$  represents capacitance per unit area,  $\epsilon_r$  represents relative dielectric constant, and  $\epsilon_0$  represents dielectric constant of vacuum.

[0019]

In the structure described above, the thickness  $d$  of the insulator is made thinner from the center to the periphery. Therefore, the impedance  $X_c$  per unit area of the insulator decreases in proportion to the thickness from the center to the periphery, and the distance between the electrode main body and the wafer becomes shorter. As a result, the high frequency wave applied to the peripheral portion of the wafer becomes



stronger, plasma density at the peripheral portion of the wafer increases, rate of plasma treatment at the peripheral portion of the wafer increases, and uniformity of plasma treatment of the wafer surface is improved.

[0020]

Further, what is modified is the structure of the lower electrode on which the wafer is mounted, and not the upper electrode away from the wafer, and therefore, marked effect can be attained in making uniform the plasma treatment of the wafer.

[0021]

Further, as the lower electrode that also serves as the sample table is adapted to have a double-layered structure including the electrode main body and the insulator, it becomes possible to freely change the distance between the electrode main body of the lower electrode and the wafer while flatness of the sample-mounting surface of the lower electrode is kept in a state that allows placement of the wafer in close contact with the sample table. This facilitates selection of conditions that attain uniform plasma treatment.

[0022]

[Embodiments]

Embodiments of the plasma treatment device in accordance with the present invention will be described with reference to the figures.

[0023]

Fig. 1 is a schematic vertical sectional view representing an embodiment of the plasma treatment device in accordance with the present invention. A treatment chamber 11 is formed of a treatment container 19 of aluminum.

[0024]

At an upper portion of a treatment chamber 11, an upper electrode 12 of aluminum fixed on an aluminum seal plate 13 is insulated and supported by shielding members 17 and 18 formed of alumina. A coolant circulation path 15 is formed above upper electrode 12 for cooling upper electrode 12.

[0025]

At a lower portion of treatment chamber 11, a lower electrode 21 also serving as a sample table is arranged on a base plate 23, opposing to and kept at a prescribed distance from the upper electrode 12. Lower electrode 21 also serves as an electrostatic chuck, and is formed of an aluminum electrode main body 21b and an alumina insulator 21a covering the main body. Electrode main body 21b is connected to a DC power source 28 through a switch 27. In electrode main body 21b, a constant temperature fluid circulation path 22 is formed, so that wafer 1 can be kept at a prescribed temperature through lower electrode 21. Lower electrode 21 has its periphery other than the sample-mounting surface covered with a Teflon (registered trademark) shielding member 25, and is insulated from treatment container 19 by an alumina shielding member 24.

[0026]

A high frequency power source 29 is connected between lower electrode 21 and upper electrode 12, so that a high frequency wave can be applied between the two electrodes. In the device of the present embodiment, the frequency of high frequency power source 29 is 13.56 MHz.

[0027]

A diffusion space is formed between seal plate 13 and upper electrode 12, and two baffle plates 14a and 14b having a number of holes opened therein are provided in the diffusion space. A process gas is supplied from a gas supply source (not shown) through a process gas supplying path 16, diffused and made uniform by the two baffle plates 14a and 14b in the diffusion space, and supplied to treatment chamber 11 through a number of holes 12a formed in upper electrode 12. The process gas supplied in this manner is evacuated by an evacuation pump (not shown) through an evacuation path 26.

[0028]

Plasma treatment of a wafer by using the plasma treatment device structured in this manner will be described. By a conveyer arm (not shown), wafer 1 is conveyed

onto lower electrode 21, and mounted on lower electrode 21 by using a lift pin (not shown).

[0029]

The upper electrode portion as a whole is lowered to set an electrode-to-electrode distance. To treatment chamber 11 that has been already evacuated to a prescribed pressure, an inert gas such as Ar is supplied through process gas supplying path 16, to set a prescribed pressure. A high frequency power is applied by high frequency power source 29 between lower electrode 21 and upper electrode 12 to generate plasma, and switch 27 is turned on to apply a DC voltage to electrode main body 21b. Then, wafer 1 is grounded through the plasma, charges are supplied to wafer 1, and wafer 1 is attracted to and adhered on lower electrode 21.

[0030]

Then, application of high frequency power is stopped, and in place of the inert gas such as Ar, a process gas is introduced through process gas supplying path 16. The process gas is diffused uniformly by two baffle plates 14a, 14b provided in the diffusion space, and supplied uniformly through the holes 12a of upper electrode 12. Thereafter, a high frequency power is applied by high frequency power source 29 between lower electrode 21 and upper electrode 12 to generate plasma, and wafer 1 is plasma-treated.

[0031]

Wafer 1 is removed in the following manner. Application of the high frequency power is stopped, and switch 27 is turned off to stop application of the DC voltage to electrode main body 21b. In place of the process gas, an inert gas such as Ar is supplied to set a prescribed pressure. A high frequency power is applied by high frequency power source 29 between lower electrode 21 and upper electrode 12 to generate plasma, and wafer 1 is grounded through the plasma, charges are removed from wafer 1, and the force attracting wafer 1 to lower electrode 21 is lost. Then, wafer 1 is lift up by a lift pin (not shown), and conveyed away by a conveyer arm (not

shown).

[0032]

In the present embodiment, electrode main body 21b of lower electrode 21 is formed of aluminum, such that the side of the sample-mounting surface has a concave shape. To fill the concave portion of electrode main body 21b, alumina is thermally sprayed, thereafter the sample-mounting surface is planarized by grinding, and thus, insulator 21a is complete.

[0033]

In the plasma treatment device, using lower electrode 21 having electrode main body 21b and insulator 21a with the cross sectional shape varied, etch-rate uniformity in etching a silicon thermally oxidized film on a 6-inch silicon wafer was measured. The cross sectional shapes of electrode main body 21b and insulator 21a were varied in thickness a ( $\mu\text{m}$ ) of the insulator at the center of sample-mounting surface and thickness b ( $\mu\text{m}$ ) of the insulator at a peripheral portion (50 mm in radial direction from the center) of the sample-mounting surface. Table 1 shows etching conditions, and Table 2 shows results of measurement. Examples 1 and 2 correspond to the present invention, and Example 3 corresponds to a conventional example shown in Fig. 5 using a conventional electrostatic chuck, with the insulator having a constant thickness. Average etch rate was calculated as a simple average of etch rates of the wafer surface. Uniformity  $R_{\text{uni}}$  of etch rate was calculated in accordance with the following equation, using maximum and minimum etch rates  $R_{\text{max}}$  and  $R_{\text{min}}$  of the wafer surface:

[0034]

$$R_{\text{uni}} = 100 \times (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) / (R_{\text{max}} + R_{\text{min}}) \quad (\%)$$

[0035]

Table 1

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Process gas (flow rate)         | CF <sub>4</sub> (20sccm)<br>CHF <sub>3</sub> (30sccm)<br>Ar (400sccm) |
| Pressure                        | 250 mTorr   |
| Electrode-to-electrode distance | 10 mm   |
| High frequency power            | 800 W   |
| Temperature of lower electrode  | 20 °C   |

[0036]

Table 2

|                                  | a<br>( $\mu$ m) | b<br>( $\mu$ m) | Average etch rate<br>(nm/min) | Uniformity of etch rate<br>(%) |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Example 1<br>(present invention) | 600             | 200             | 462                           | 5.3                            |
| Example 2<br>(present invention) | 300             | 200             | 451                           | 6.0                            |
| Example 3<br>(prior art)         | 300             | 300             | 448                           | 6.7                            |

[0037]

As can be seen from the results of measurement shown in Table 2, by making thinner the insulator from the center to the periphery, uniformity of etch rate could be improved. It has been confirmed that a variation in thickness as small as about 100  $\mu$ m attains a satisfactory effect.

[0038]

Though the concave is desired to have a smooth curve, it may have a stepped shape, and the shape may be determined in consideration of the etch rate distribution.

[0039]

In the present embodiment, the thickness of the insulator at the center and at the

periphery of the lower electrode is varied by forming the electrode main body 21b to have a concave shape on the side of sample-mounting surface. Alternatively, the side of sample-mounting surface of electrode main body 21b may be formed flat as in the conventional art, and insulator 21a may be formed to have the thickness increased at the center. In that case, however, the sample-mounting surface comes to have a convex shape. If the convex is too high, a wafer would not be well adhered, or a thin film formed on the wafer would be separated. Therefore, in this case, the difference in thickness between the center and the periphery should preferably be at most 700  $\mu\text{m}$ .

[0040]

[Effects of the Invention]

As described in detail in the foregoing, the plasma treatment device in accordance with the present invention stably improves uniformity of plasma treatment of the wafer surface.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a schematic vertical cross sectional view showing the plasma treatment device in accordance with an embodiment of the present invention.

Fig. 2 is a schematic vertical cross sectional view showing a lower electrode portion of the plasma treatment device in accordance with an embodiment of the present invention.

Fig. 3 is a schematic vertical cross sectional view showing a lower electrode portion of the plasma treatment device in accordance with another embodiment of the present invention.

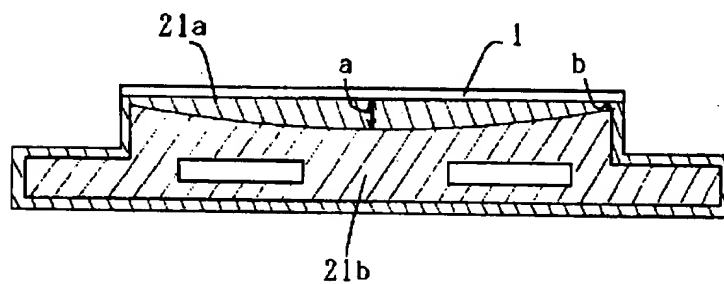
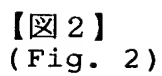
Fig. 4 is a schematic vertical cross sectional view showing a conventional plasma treatment device.

Fig. 5 is a schematic vertical cross sectional view showing a conventional plasma treatment device.

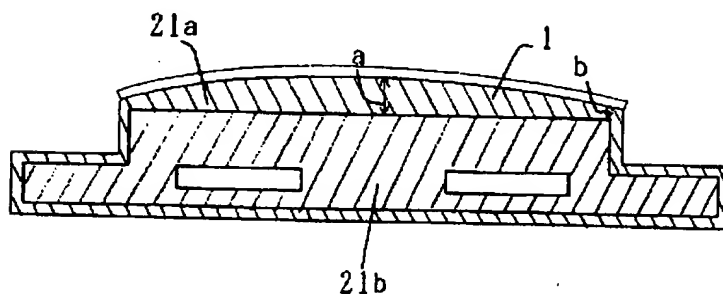
[Description of the Reference Characters]

1        wafer

- 11 treatment chamber
- 12 upper electrode
- 12a holes
- 13 seal plate
- 14a baffle plate
- 14b baffle plate
- 16 process gas supplying path
- 19 treatment container
- 21 lower electrode
- 21a insulator
- 21b electrode main body
- 22 constant temperature fluid circulation path
- 23 base plate
- 26 evacuation path
- 27 switch
- 28 DC power source
- 29 high frequency power source



【図 3】  
(Fig. 3)







[Document Name] Abstract  
[Patent] 06-326840 (Dec. 28, 1994)

[Document Name] Abstract

[Abstract]

[Structure] A plasma treatment device includes: a treatment container 19; an upper electrode 12 and a lower electrode 21 also serving as a sample table provided in the treatment container 19; and means 29 for applying a high frequency wave between the upper electrode 12 and lower electrode 21; wherein said lower electrode 21 includes an electrode main body 21b and an insulator 21a covering the sample-mounting surface thereof, and thickness of said insulator 21a is made thinner from the center toward the periphery of the sample-mounting surface.

[Effect] The device stably improves uniformity of plasma treatment of the wafer surface.

[Selected Drawing] Fig. 1

【書類名】 特許願

【受付日】 平06.12.28

【特許】 平06-326840(06.12.28)

頁: 1/ 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 T0049

【提出日】 平成 6年12月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明の名称】 プラズマ処理装置

【請求項の数】 1

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住友金属工業株式会社内

【氏名】 花田 克司

【特許出願人】

【識別番号】 000002118

【郵便番号】 541

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

【氏名又は名称】 住友金属工業株式会社

【代表者】 中村 爲昭

【代理人】

【識別番号】 100103481

【郵便番号】 660

【住所又は居所】 兵庫県尼崎市東難波町5丁目17番23号住友生命尼崎ビル

【弁理士】

【フリガナ】 モリ ミチオ

【氏名又は名称】 森 道雄

【電話番号】 06-482-6519

【選任した代理人】

【識別番号】 100083585

【郵便番号】 660

【住所又は居所】 兵庫県尼崎市東難波町5丁目17番23号住友生命尼  
崎ビル

【弁理士】

【フリガナ】 ホノウエ テルタダ

【氏名又は名称】 穂上 照忠

【電話番号】 06-482-6511

【手数料の表示】

【納付方法】 予納

【予納台帳番号】 038667

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9302320

【包括委任状番号】 9005909

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理容器と、この処理容器内に設けられた上部電極および試料台を兼ねた下部電極と、これら上部電極と下部電極との間に高周波を印加する手段とを備えたプラズマ処理装置において、前記下部電極が電極本体とその試料載置面を被覆する絶縁体とからなり、前記絶縁体の厚みが試料載置面の中心から周辺に向かうに従って薄くなっていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、半導体の製造に用いられるプラズマ処理装置、例えば、シリコン酸化膜、ポリシリコン、アルミニウム合金等のエッチングに用いられるプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体の製造に用いられるプラズマ処理装置においては、半導体の歩留まり向上のため、そのウエハ面内のプラズマ処理の均一性を向上させることが、常に重要な課題となっている。

【0003】

図4は上部電極と下部電極とを有する平行平板型の従来のプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。処理室11の上方には、金属製のシールドプレート13に固定された上部電極12がシールド部材17及び18で絶縁、支持されている。上部電極12の上部には冷媒循環路15が形成され、上部電極12を冷却するようにになっている。

【0004】

処理室11の下方には、上部電極12に対向して所定の距離を保って、ウエハを載置する試料台を兼ねた下部電極21がベースプレート23上に配設されてい

る。下部電極 2 1 の内部には恒温流体循環路 2 2 が形成されており、ウエハの温度制御を可能としている。下部電極 2 1 はシールド部材 2 5 で周囲を覆われ、またシールド部材 2 4 で処理容器 1 9 と絶縁されている。

#### 【0005】

下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間には高周波電源 2 9 が接続され、両電極間に高周波を印加しプラズマが生成する構成になっている。高周波電源の周波数としては 1 3 . 5 6 M H z 、 2 M H z 、 4 0 0 k H z 等が用いられる。

#### 【0006】

シールプレート 1 3 と上部電極 1 2 との間には拡散空間が形成されている。この拡散空間内に多数の孔が形成された 2 枚のバッフル板 1 4 a 、 1 4 b が設けられている。プロセスガスは、ガス供給源（図示せず）からプロセスガス供給路 1 6 を介して供給され、拡散空間内の 2 枚のバッフル板 1 4 a 、 1 4 b で拡散、均一化されて、上部電極 1 2 に形成された多数の孔 1 2 a から処理室 1 1 に供給される。こうして供給されたプロセスガスは、ウエハのプラズマ処理に用いられた後、排気ポンプ（図示せず）によって排気路 2 6 から排気される。

#### 【0007】

このように構成されたプラズマ処理装置を用いてウエハ 1 にプラズマ処理を施す場合について説明する。搬送アーム（図示せず）によってウエハ 1 を下部電極 2 1 上に搬送する。上部電極部分全体を降下させ、電極間距離を設定する。既に所定の圧力まで排気した処理室 1 1 内にプロセスガス供給路 1 6 を介してプロセスガスを供給し、所定の圧力に設定する。そして、高周波電源 2 9 により下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間に高周波電力を印加しプラズマを生成させ、ウエハ 1 にプラズマ処理を施す。

#### 【0008】

しかし、この平行平板型の従来のプラズマ処理装置においては、ウエハ周辺部に比べウエハ中心部のプラズマ処理の処理速度が大きくなり、ウエハ面内のプラズマ処理の均一性が悪化しやすいという問題があった。

#### 【0009】

そこで、バッフル板 1 4 a 、 1 4 b の孔の分布を中心より周辺の孔の数を増加

させ、ウエハ周辺部へのプロセスガスの供給を増加させることにより、プラズマ処理のウエハ面内均一性を向上させることが提案されている。

【0010】

また、ウエハが載置される電極と対向し高周波電力が供給される対向電極の電極面を所定の曲率により凹状、凸状または凹凸状に形成することにより、ウエハ上に作成される薄膜の膜厚分布を均一化させるプラズマCVD装置（実開昭62-37919号公報に記載）が提案されている。さらに、同様の構成とすることにより、エッチング速度の均一性を向上させるドライエッチング装置（特開平2-106925号公報に記載）も提案されている。

【0011】

一方、図5に示す試料台を兼ねた下部電極を静電チャックとしたプラズマ処理装置が知られている。このプラズマ処理装置においては、下部電極21は試料載置面側が平坦な電極本体21bとその試料載置面を所定の厚みで被覆する絶縁膜21aとから形成される。電極本体21bはスイッチ27を介して直流電源28に接続されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のバッフル板14a、14bの孔の分布を中心より周辺の孔の数が多くなるようにして、ウエハ周辺部へのプロセスガスの供給を増加させる方法には、以下の問題がある。プラズマ処理における反応とガス流れの関係は非常に複雑であり、コンピュータによる数値計算においても必ずしも現実を定量的に説明できるところまでは至っていない。このため、この方法は孔の分布を変えたバッフル板を多数用意して、ウエハ面内の均一性が向上する条件を試行錯誤的に求めるものとなる。プラズマ処理の条件によってバッフル板の最適な孔の分布が異なるので、この方法は必ずしも安定した方法とはいえない。

【0013】

また、上記のウエハが載置される電極と対向し高周波電力が供給される対向電極の電極面を所定の曲率により凹状、凸状または凹凸状に形成する方法には、以下の問題がある。ウエハが載置される電極ではなく対向電極の電極面の形状によ

り制御するものであるので、効果が小さく、プラズマ処理の条件によっては、形状を大きく変化させる必要がある。

【0014】

また、上記の試料台を兼ねた下部電極を静電チャックとしたプラズマ処理装置は、下部電極を電極本体と絶縁体とから構成するものである。しかし、試料の吸着のみを目的としたものであるので、絶縁体の厚みは一定であり、プラズマ処理の均一性の向上を図るものではなかった。

【0015】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、ウエハ面内のプラズマ処理の均一性を安定して高めるプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明に係るプラズマ処理装置は、例えば図1に示すように処理容器19と、この処理容器内に設けられた上部電極12および試料台を兼ねた下部電極21と、これら上部電極12と下部電極21との間に高周波を印加する手段29とを備えたプラズマ処理装置において、前記下部電極21が電極本体21bとその試料載置面を被覆する絶縁体21aとからなり、前記絶縁体21aの厚みが試料載置面の中心から周辺に向かうに従って薄くなっていることを要旨としている。

【0017】

【作用】

プラズマ生成時、下部電極の電極本体上の絶縁体部分は両側を導体に挟まれたコンデンサと考えることができるので、この絶縁体の膜厚をdとすると、この絶縁体部分の単位面積当たりのインピーダンス $X_c$ は次式で表される。

【0018】

$$X_c = 1 / 2 \pi f C = d / 2 \pi f \epsilon_r \epsilon_o$$

fは高周波の周波数、Cは単位面積当たりの静電容量、 $\epsilon_r$ は比誘電率、 $\epsilon_o$ は真空の誘電率である。



【0019】

上記した構成に依れば、絶縁体の厚み  $d$  が中心から周辺に向かうに従って薄くなっているため、中心から周辺に向かうに従って、単位面積当たりの絶縁体のインピーダンス  $X_c$  は厚み  $d$  に比例して減少するとともに電極本体とウエハとの距離が小さくなる。この結果、ウエハ周辺部への高周波の印加が強まり、ウエハ周辺部のプラズマ密度が増加し、ウエハ周辺部のプラズマ処理速度が増加し、ウエハ面内のプラズマ処理の均一性が向上する。

【0020】

また、ウエハから離れている上部電極ではなくウエハが載置される下部電極の構造を変化させるので、ウエハのプラズマ処理の均一化の効果が大きい。

【0021】

また、試料台を兼ねた下部電極を電極本体と絶縁体との2層構造とするので、下部電極の試料載置面の平坦度をウエハを試料台に密着して載置できる状態に保ったまま、絶縁体の厚みに併せて下部電極の電極本体とウエハとの距離を自由に変化させることができる。この結果、プラズマ処理の均一化を達成する条件選択が容易になる。

【0022】

【実施例】

以下、本発明に係るプラズマ処理装置の実施例を図面に基づいて説明する。

【0023】

図1は本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を示す模式的縦断面図である。処理室11はアルミニウム製の処理容器19で形成されている。

【0024】

処理室11の上方には、アルミニウム製のシールドプレート13に固定されたアルミニウム製の上部電極12がアルミナ製のシールド部材17及び18で絶縁、保持されている。上部電極12の上部には、冷媒循環路15が形成されており、上部電極12を冷却するようになっている。

【0025】

処理室11の下方には、上部電極12に対向して所定の距離を保って試料台を

兼ねた下部電極 2 1 がベースプレート 2 3 上に配設されている。下部電極 2 1 は静電チャックを兼ねており、アルミニウム製の電極本体 2 1 b とそれを被覆するアルミナ製の絶縁体 2 1 a とから形成されている。電極本体 2 1 b にはスイッチ 2 7 を介して直流電源 2 8 に接続されている。電極本体 2 1 b の内部には恒温流体循環路 2 2 が形成されており、下部電極 2 1 を介してウエハ 1 を所定温度に保持できる構成となっている。下部電極 2 1 は試料載置面以外の周囲をテフロン（登録商標）製のシールド部材 2 5 で覆われ、またアルミナ製のシールド部材 2 4 によって処理容器 1 9 と絶縁されている。

#### 【0026】

下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間には高周波電源 2 9 が接続され、両電極間に高周波を印加できる構成になっている。本実施例の装置においては高周波電源 2 9 の周波数は 13. 56 MHz のものとした。

#### 【0027】

シールプレート 1 3 と上部電極 1 2 との間には拡散空間が形成され、この拡散空間内に多数の孔が形成された 2 枚のバッフル板 1 4 a、1 4 b が設けられている。プロセスガスは、ガス供給源（図示せず）からプロセスガス供給路 1 6 を介し供給され、拡散空間内の 2 枚のバッフル板 1 4 a、1 4 b で拡散、均一化され、上部電極 1 2 に形成された多数の孔 1 2 a から処理室 1 1 に供給される。このようにして供給されたプロセスガスは、排気ポンプ（図示せず）によって排気路 2 6 から排気される。

#### 【0028】

このように構成されたプラズマ処理装置を用いてウエハにプラズマ処理を施す場合について説明する。搬送アーム（図示せず）によってウエハ 1 を下部電極 2 1 上に搬送し、リフトピン（図示せず）を用いて、下部電極 2 1 上に載置する。

#### 【0029】

上部電極部分全体を降下させ、電極間距離を設定する。既に所定の圧力まで排気された処理室 1 1 内にプロセスガス供給路 1 6 を介して Ar 等の不活性ガスを供給し、所定の圧力に設定する。そして、高周波電源 2 9 により下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間に高周波電力を印加しプラズマを発生させ、スイッチ 2 7 をオ

ンにして電極本体 2 1 b に直流電圧を印加する。すると、プラズマを介してウエハ 1 が接地され、ウエハ 1 に電荷が供給されて、ウエハ 1 が下部電極 2 1 上に吸着される。

#### 【0030】

そして、高周波電力の印加を止め、A r 等の不活性ガスに代えてプロセスガスをプロセスガス供給路 1 6 を介して導入する。プロセスガスは拡散空間内に設けられた 2 枚のバッフル板 1 4 a、1 4 b で均一に拡散されて、上部電極 1 2 の孔 1 2 a より均一に供給される。そして、高周波電源 2 9 により下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間に高周波電力を印加してプラズマを発生させ、ウエハ 1 にプラズマ処理を施す。

#### 【0031】

ウエハ 1 の脱離は、以下のように行われる。高周波電力の印加を止め、スイッチ 2 7 をオフにして電極本体 2 1 b への直流電圧の印加を止める。プロセスガスに代えて A r 等の不活性ガスを供給し、所定の圧力に設定する。高周波電源 2 9 により下部電極 2 1 と上部電極 1 2 との間に高周波電力を印加しプラズマを発生させる。すると、プラズマを介してウエハ 1 が接地され、ウエハ 1 から電荷が除電されて、ウエハ 1 の下部電極 2 1 への吸着力が消失する。そして、リフトピン（図示せず）を用いてウエハ 1 を押し上げ、搬送アーム（図示せず）によってウエハ 1 を搬出する。

#### 【0032】

本実施例においては、下部電極 2 1 の電極本体 2 1 b を、アルミニウムを用いて試料載置面側の形状が凹状となるように形成した。そして、電極本体 2 1 b の凹状部を埋めるようにして、アルミナを溶射した後、研削処理によって試料載置面を平坦化して絶縁体 2 1 a を形成した。

#### 【0033】

このプラズマ処理装置において、電極本体 2 1 b と絶縁体 2 1 a の断面形状を変化させた下部電極 2 1 を用いて、6 インチのシリコンウエハ上のシリコン熱酸化膜のエッチング速度の均一性を測定した。電極本体 2 1 b と絶縁体 2 1 a の断面形状は、図 2 に示す絶縁体の試料載置面中心の厚み a ( $\mu$  m) と、絶縁体の試

料載置面周辺部（中心から半径50mmの位置）の厚み $b$ （ $\mu\text{m}$ ）とにより変化させた。エッチング条件を表1に、その測定結果を表2に示す。例1、例2が本発明例である。そして、例3は絶縁体の厚みが一定のものであり、図5に示した従来の静電チャックを用いた従来例にあたる。平均エッチング速度は、ウエハ面内のエッチング速度の単純平均により求めた。エッチング速度の均一性 $R_{\text{uni}}$ は、ウエハ面内のエッチング速度の最大値 $R_{\text{max}}$ 、最小値 $R_{\text{min}}$ を求め、次式により計算したものである。

【0034】

$$R_{\text{uni}} = 100 \times (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) / (R_{\text{max}} + R_{\text{min}}) \quad (\%)$$

【0035】

【表1】

表1

|                |   |
|----------------|---|
| プロセスガス<br>(流量) | CF <sub>4</sub> (20sccm)<br>CHF <sub>3</sub> (30sccm)<br>Ar (400sccm) |
| 圧力             | 250mTorr  |
| 電極間距離          | 10mm  |
| 高周波電力          | 800W  |
| 下部電極温度         | 20℃   |

【0036】

【表2】

表2

|           | a<br>( $\mu\text{m}$ ) | b<br>( $\mu\text{m}$ ) | 平均エッチング速度<br>(nm/min) | エッチング速度均一性<br>(%) |
|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| 例1 (本発明例) | 600                    | 200                    | 462                   | 5.3               |
| 例2 (本発明例) | 300                    | 200                    | 451                   | 6.0               |
| 例3 (従来例)  | 300                    | 300                    | 448                   | 6.7               |

【0037】

表2の測定結果よりわかるように、絶縁体の厚みを中心から周辺に向かうに従って薄くすることにより、エッチング速度の均一性を向上できた。厚みの変化が100 $\mu\text{m}$ 程度でも十分に効果があることが確認できた。

【0038】

なお、凹形状はなめらかな曲線が望ましいが、階段状でも良く、この形状はエッチング速度の分布を見ながら決めれば良い。

【0039】

なお、本実施例においては、電極本体21bの試料載置面側を凹とすることにより、下部電極の中心部と周辺部の絶縁体の厚みを変化させた。これに対して、図3に示すように電極本体21bの試料載置面側は従来通り平坦とし、絶縁体21aの厚みを中心部が厚くなるように形成しても良い。ただし、この場合試料載置面は凸形状になり、余りに凸過ぎるとウエハが吸着しないあるいはウエハ上に形成された薄膜が剥離する等の問題が生じる。したがって、この場合には中心と周辺での厚みの差を700 $\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

【0040】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明に係るプラズマ処理装置は、ウエハ面内のプラズマ処理の均一性を安定して高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例のプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。

【図 2】

本発明の実施例のプラズマ処理装置の下部電極部分を示す模式的縦断面図である。

【図 3】

本発明の別の実施例のプラズマ処理装置の下部電極部分を示す模式的縦断面図である。

【図 4】

従来のプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。

【図 5】

従来のプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。

【符号の説明】

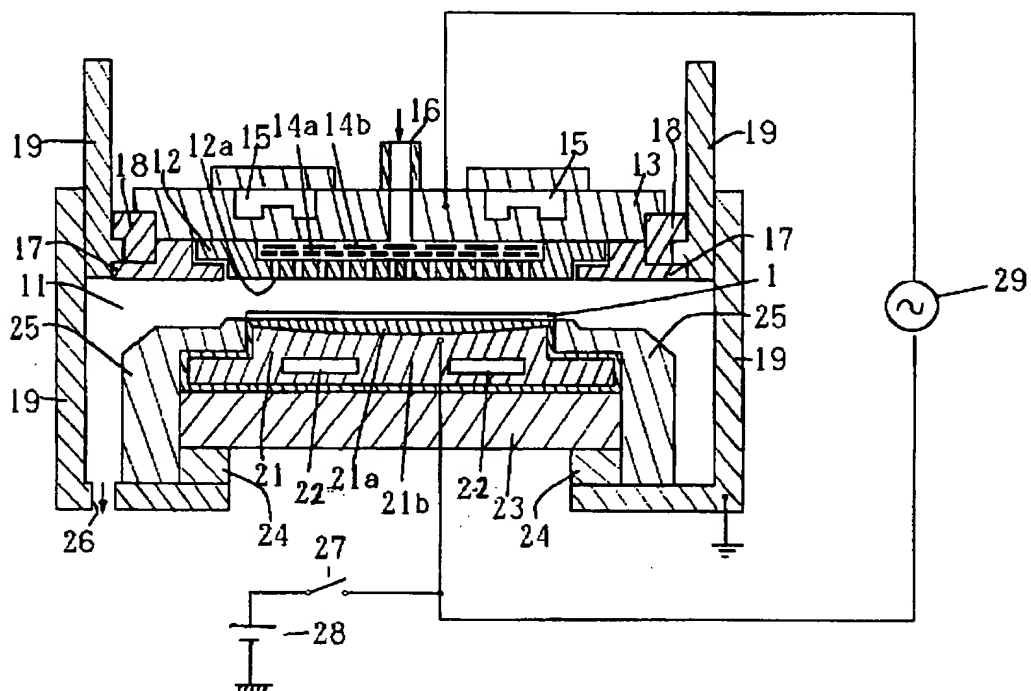
- 1 ウエハ
- 1 1 処理室
- 1 2 上部電極
- 1 2 a 孔
- 1 3 シールプレート
- 1 4 a バッフル板
- 1 4 b バッフル板
- 1 6 プロセスガス供給路
- 1 9 処理容器
- 2 1 下部電極
- 2 1 a 絶縁体
- 2 1 b 電極本体
- 2 2 恒温流体循環路
- 2 3 ベースプレート
- 2 6 排気路

27 スイッチ

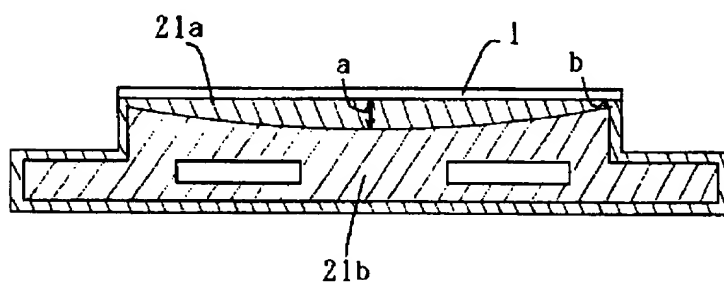
28 直流電源

29 高周波電源

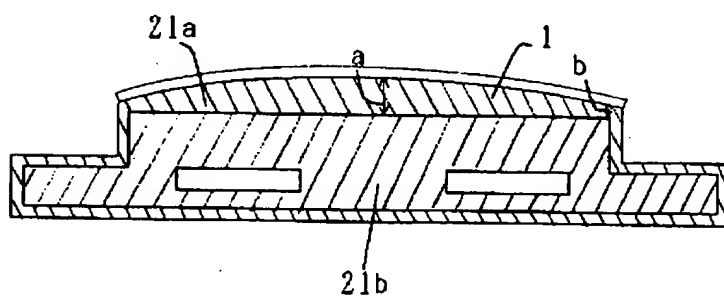
【図 1】



【图 2】

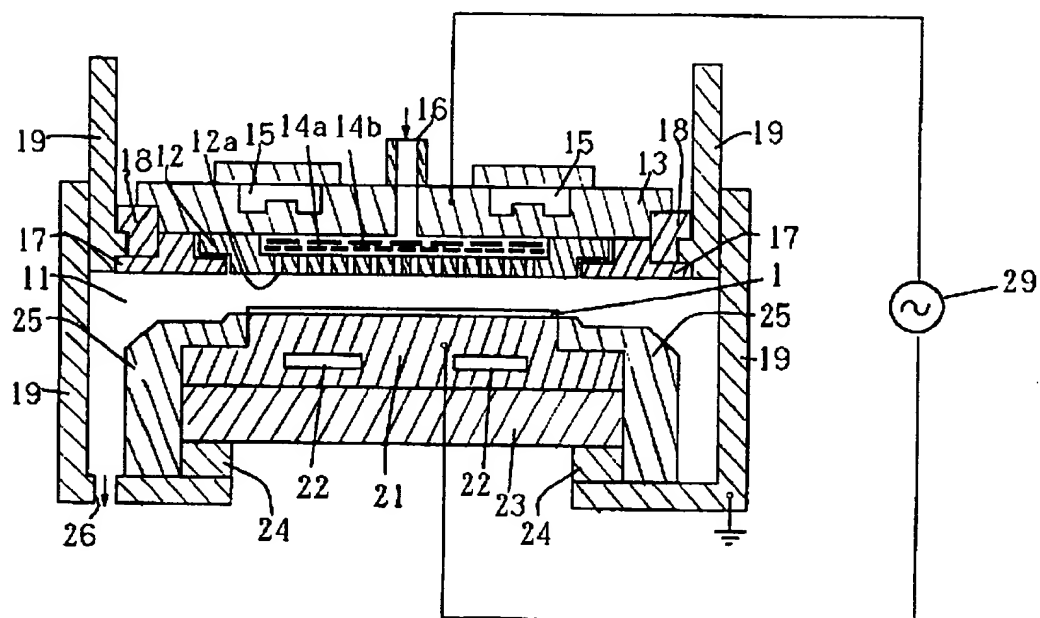


【図 3】

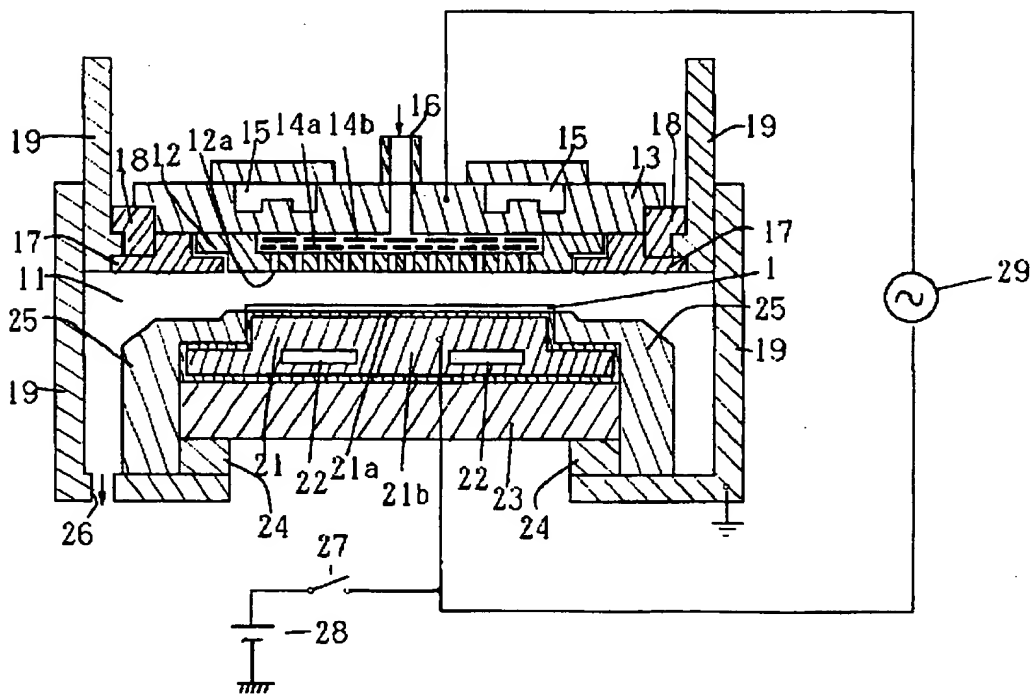




【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【構成】

処理容器 1 9 と、この処理容器 1 9 内に設けられた上部電極 1 2 および試料台を兼ねた下部電極 2 1 と、これら上部電極 1 2 と下部電極 2 1 との間に高周波を印加する手段 2 9 とを備え、前記下部電極 2 1 が電極本体 2 1 b とその試料載置面を被覆する絶縁体 2 1 a とからなり、前記絶縁体 2 1 a の厚みが試料載置面の中心から周辺に向かうに従って薄くなっていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【効果】

ウエハ面内のプラズマ処理の均一性を安定して高めることができる。

【選択図】 図 1